

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE
ESCUELA DE SUELOS Y AGUAS**



TRABAJO DE DIPLOMA

**Efecto de la inoculación con *Rhizobium leguminosarum* biovar
phaseoli sobre el rendimiento de cinco variedades de frijol común
(*Phaseolus vulgaris* L.), Postrera '97, La Compañía, Carazo**

AUTORES

**Br. Noel Enrique Parrilla Silva
Br. Leonel Antonio Baéz Alvarez**

ASESORES

**Lic. MSc. Gustavo Valverde Reyes
Ing. Agr. MSc. Vidal Marín Fernández**

**Diciembre, 1998
Managua, Nicaragua**

DEDICATORIA

A mis Padres

Olivia del Socorro Silva Herrera y Juan Francisco Parrilla Gutierrez, por el apoyo incondicional que me brindaron, lo cual hizo posible que culminara mis estudios primarios, de secundaria, universitario así como la realización de este trabajo de tesis.

A mis Hermanos

Justo Carlos

Hugo Ernesto

Carolina del Carmen

Moises de Jesus

A mi sobrino Hugo José

Noel Enrique Parrilla Silva

DEDICATORIA

Con todo amor y respeto a mi madre ; Melania Alvarez Carrillo quien con su sacrificio me apoyó durante mis estudios primarios, secundarios y universitaria y de esta manera pude alcanzar mi formación profesional.

A mis hermanos

Henry Báez, Juan Antonio Báez, Ervin Báez, Félix Báez quienes me motivaron y ayudaron de diferentes formas a continuar con mayor esfuerzo mi carrera universitaria.

A mis hijos

Gésner Leonel Báez Robleto

Júnior Leonel Báez Espinoza

Leonel Antonio Báez Alvarez

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecemos especialmente a nuestros asesores por su colaboración en el desarrollo del presente trabajo de tesis.

Lic MSc Gustavo Valverde Reyes

Ing MSc Vidal Marín Fernández

A los ingenieros agrónomos por su valiosa colaboración en la realización de este trabajo.

Ing MSc Leonardo Garcia

Ing MSc Juan José Avelares

Ing Alvaro Benavidez González

Ing MSc Aurelio Llano González

A todas aquellas personas que estuvieron involucrados en nuestro trabajo y nos ayudaron de forma incondicional a lograr los objetivos propuestos

Noel Enrique Parrilla Silva

Leonel Antonio Báez Alvarez

INDICE GENERAL

CONTENIDO	Pagina
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	iii
INDICE GENERAL	iv
INDICE DE TABLAS	vii
RESUMEN	viii
I INTRODUCCION	1
1.1 Objetivos	4
1.1.1. Objetivos generales	4
1.1 2 Objetivos especificos	4
II REVISIÓN DE LITERATURA	5
III MATERIALES Y METODOS	10
3.1 Descripción del ensayo	10
3.1.1 Ubicación y clima	10
3.2 Diseño experimental	11
3.3 Dimensiones del experimento	11
3.4 Manejo del experimento	12
3.4.1 Preparación de suelo	12
3.4.2 Siembra	12
3.4.3 Control de malezas	12
3.4.4 Control de plagas y enfermedades	12
3.4.5 Cosecha	13
3.5 Análisis Estadístico	13
3.6 Variables Registradas	13

3.6.1 Porcentaje de Emergencia	13
3.6.2 Altura de planta	13
3.6.3 Diámetro del tallo	14
3.6.4 Peso de materia seca	14
3.6.5 Índice de cosecha	14
3.6.6 Densidad poblacional	14
3.6.7 Vainas por plantas	14
3.6.8 Granos por vainas	15
3.6.9 Peso de 100 semillas	15
3.6.10 Rendimiento	15
IV RESULTADOS Y DISCUSION.	16
4.1 Variables de crecimiento	16
4.1.1 Porcentaje de emergencia	16
4.1.2 Altura de planta	17
4.1.3 Diámetro de tallo	18
4.1.4 Peso de materia seca	20
4.1.5 Índice de cosecha	21
4.1.6 Densidad poblacional	23
4.2 Variables de rendimiento	24
4.2.1 Vainas por plantas	24
4.2.2 Número de granos por vainas	26
4.2.3 Peso de 100 semillas	27
4.2.4 Rendimiento de grano	29

4.3 Interacción entre variedad y fuente de fertilización	31
V CONCLUSIONES	32
VI RECOMENDACIONES	33
VII BIBLIOGRAFÍA	34
VIII ANEXOS	37

INDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Algunas características químicas de los suelos de La Compañía Carazo	10
2. Tratamientos evaluados en el ensayo	11
3. Efecto de las variedades y tipo de fertilización sobre el porcentaje de emergencia	17
4. Efecto de las diferentes variedades y niveles de fertilización sobre la altura de la planta	18
5 Efecto de las diferentes variedades y niveles de fertilizacion sobre el diámetro de los tallos	19
6 Efecto de las variedades y los niveles de fertilización sobre el peso de la materia seca	21
7 Efecto de las diferentes variedades y niveles de fertilización sobre el índice de cosecha	22
8 Efecto de las diferentes variedades y niveles de fertilización sobre la densidad poblacional	24
9 Efecto de las diferentes variedades y niveles de fertilización sobre el número de vainas por plantas	25
10 Efecto de las diferentes variedades y niveles de fertilización sobre el número de granos por vainas	26
11 Efecto de las diferentes variedades y niveles de fertilización sobre el peso de 100 semillas	28
12 Efecto de las diferentes variedades y niveles de fertilización sobre el rendimiento	30

RESUMEN

El presente experimento se llevó a cabo en la Estación Experimental Agrícola La Compañía en el municipio de San Marcos, departamento de Carazo. El suelo se caracteriza por ser de origen volcánico, franco moderadamente profundo, bien drenado con permeabilidad y retención de humedad disponible y moderada. Este estudio tuvo la finalidad de evaluar las respuesta del cultivo del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) a la inoculación con mezclas de cepas de *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli* comparándolos con fertilización química sin fertilización y sin inoculación tomando como parámetro fundamental el rendimiento. Las variedades utilizadas fueron las siguientes: EST-150, DOR-805, DOR-582, DOR-364 y ACC-1724, en combinación con la fuente de *Rhizobium* (PROBIOL) con el fertilizado y el sin fertilizar para un total de 15 tratamientos. El diseño utilizado fue un bifactorial parcela divididas con cuatro repeticiones dispuestas en bloques, siendo la parcela principal la variedad con arreglo al azar de los tratamientos. Para el rendimiento el análisis de varianza indica que existen diferencias significativas para variedades y fuente de fertilización. El fertilizante químico supera en 24% al sin fertilizar y en 30% al inoculado. Las fuentes de fertilizante presentan diferencias significativas para emergencia, altura de plantas, vainas por plantas, diámetro de tallo, peso de 100 semillas y peso de materia seca. No significativo para índice de cosecha, densidad poblacional y número de granos por vainas. Para las variedades el ANDEVA presentó diferencias significativas para todas las variables evaluadas en el ensayo. Las interacciones variedad fuente de fertilización resultaron ser no significativas lo que indica que el efecto de los tratamientos son independientes.

I INTRODUCCION

Las leguminosas se encuentran entre los cultivos más importante del mundo debido a que suministran alimento para el hombre (granos) y a los animales (forrajes) y además permiten la economía del nitrógeno del suelo ya que la mineralización de los residuos constituyen un aporte de nitrógeno, a la vez que utilizan el nitrógeno del aire el cual es fijado y reducido hasta amoníaco (NH_3) gracias a una enzima localizada en el interior de los rizobios llamada nitrogenasa (Silvester, 1987).

En Nicaragua, el frijol es después del maíz el principal alimento básico. Es uno de los pocos alimentos ricos en proteínas 22%, hidratos de carbono 7% y sustancias grasas 32% (FAO, 1985), por lo cual compensa en parte las deficiencias nutricionales de la mayor parte de la población.

El frijol se cultiva en todo el país bajo condiciones variable de lluvias, estas fluctúan entre 500 y 1500 mm, con temperaturas de 10 a 27 °C. El frijol se adapta a suelos de textura franca a franca arcillosa y pH de 6 a 6.5 (MAG CNIG, 1991). Se estima que en Nicaragua el total de área estimada para la siembra de frijol común es de 720 000 ha (MAG, 1995).

El cultivo de esta leguminosa es una actividad generalizada de pequeños y medianos productores (Tapia & Camacho, 1988), los cuales representan en nuestro país el 95% de la tenencia de la tierra por lo general estos productores están ubicados en áreas consideradas marginales, donde prevalecen tecnologías tradicionales de producción tales como siembra al espeque o con bueyes, uso de variedades criollas, bajas densidades de plantas, deficiente fertilización y mal manejo de malezas (Alemán & Tercero, 1991), además presentan dificultades económicas y falta de financiamiento para la compra de fertilizantes químicos nitrogenados, por tanto, es de suma importancia la búsqueda de alternativas tendientes a incrementar la productividad del frijol mediante nuevas formas de fertilización; como la biológica a través de bacterias del género *rhizobium* (Profrijol, 1992).

Para la producción anual de alimentos a nivel mundial se requieren diez millones de toneladas de nitrógeno inorgánico (N); pero la industria química solo abastece siete millones. Por otro lado, la producción de fertilizante nitrogenado demanda mucha energía para su fabricación lo que hace

que el precio sea alto (Bowen & Kratky, 1982). La inoculación con cepas efectivas de *rhizobium* vendría a traer beneficios directos e indirectos en la producción. Los beneficios directos que se obtienen en esta práctica permiten a los productores bajar los costos, elevar los rendimientos y productividad del cultivo hasta en un 15% mayor que la de plantas a las cuales se les suministrado 50 kgN/ha (FAO, 1985). Entre los beneficios indirectos están los de mantener y mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo. La fijación del nitrógeno es una de las principales posibilidades para el mejoramiento de la agricultura tropical. Los sistemas simbióticos, tales como *rhizobium* - leguminosa pueden producir más del 50% del nitrógeno que la planta necesita (FAO, 1980).

Las leguminosas fijan simbióticamente el nitrógeno y son importantes en la rotación de cultivos ya que ellas no agotan este elemento del suelo tanto como otros cultivos. Como el frijol fija el nitrógeno del aire, requiere menos fertilizantes nitrogenados que otros cultivos. El proceso de la fijación del nitrógeno del aire se realiza por bacterias nitrificantes del género *rhizobium*, siempre y cuando en el suelo exista menos cantidad de nitrógeno que en el aire. Tanto el nitrógeno como el fósforo son los elementos nutritivos que con mayor frecuencia limitan la producción de frijol común en los suelos tropicales. El nitrógeno es uno de los principales nutrientes para las plantas especialmente para las leguminosas porque contribuye al desarrollo vegetativo y al aumento del tamaño del grano; además que controla la absorción de fósforo y potasio y otros nutrientes importantes para la planta (Amaya & Cruz, 1993).

En nuestro país la inoculación con *Rhizobium leguminosarum* se ha realizado muy poca siendo utilizada solamente en el cultivo de la soya (*Glycine max*). Por lo tanto, es de suma importancia desarrollar investigaciones en este campo, debido a que año con año grandes cantidades de dinero son invertidas en el uso de fertilizantes sintéticos los cuales además de tener un alto costo, tienen una alta tasa de pérdidas por diferentes vías como lixiviación, volatilización etc, y su uso excesivo ocasiona contaminación ambiental, lo que indica que es esencial aumentar la explotación de la fijación biológica del nitrógeno. Sin embargo, existen muchos problemas por resolver como son: buscar cepas eficientes y compatibles con las variedades de leguminosas cultivadas, conocer los enemigos de las bacterias y en general saber qué, cuándo y cómo debe

aplicarse el rhizobium a la planta (Velázquez & Aguilera, 1984) citado por (Miranda & Molina, 1992).

Sin embargo a pesar de los problemas que se presentan, los resultados obtenidos en Centro América y Cuba han demostrado que la fijación biológica de nitrógeno es una estrategia viable para incrementar la producción de frijol, además del bajo costo contribuye a la sostenibilidad de la producción (Profrijol, 1992).

Por estas razones y considerando que la inoculación al cultivo del frijol puede ser un opción tecnológica conveniente, positivo y económico para incrementar la productividad, se decidió llevar a cabo el presente trabajo en la estación experimental de La Compañía Carazo.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo General

Determinar el efecto de la inoculación con *Rhizobium leguminosarum* sobre el rendimiento de cinco variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L)

1.1.2 Objetivo Específico

Evaluar a nivel de campo la tecnología de la inoculación con *Rhizobium leguminosarum* de cinco variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) comparada con la fertilización química y sin fertilización.

II REVISION DE LITERATURA

Las bacterias del género *Rhizobium* se caracterizan por su capacidad para infectar las raíces de las leguminosas dando lugar a unas estructuras llamadas nódulos (Buendía, et al 1990). Estas bacterias son aeróbicas gram negativas y no forman esporas. La temperatura y el pH óptima para su crecimiento varían entre 25 y 30 °C y 6 a 7 respectivamente, aunque existen cepas adaptadas a condiciones extremas (Silvester, et al 1987).

Todos los sistemas de fijación de nitrógeno requieren macros y micronutrientes fósforo, calcio y potasio también son requeridos trazas de ciertos microelementos especialmente molibdeno, boro, hierro estos tienen un rol significativo en la actividad de fijación de nitrógeno. Deficiencias de estos elementos reducen la fijación de nitrógeno. En el otro extremo, excesos de ciertos elementos como manganeso y aluminio pueden perjudicar la fijación de nitrógeno (FAO, 1980).

La fertilización nitrogenada en leguminosas se reporta como responsable de la reducción de la nodulación y fijación de nitrógeno. El grado de inhibición depende de factores como la concentración y formas de nitrógeno, el tiempo de aplicación y su uso extremo (FAO, 1980).

Diferentes reportes indican que el desarrollo y fijación de nitrógeno por las leguminosa es reducido con el aumento de sales en el suelo, así en el cultivo de la soya por ejemplo el desarrollo estuvo inhibido totalmente con 0.8% de cloruro de sodio o más y con 1.5 % de sulfato de sodio (FAO, 1980).

Analizando el potencial de nitrógeno fijado por los diferentes sistemas se indica que el *Rhizobium* - leguminosa para granos fija entre 41 - 552 kg N/Ha y el *Rhizobium* - leguminosa para forraje fija entre 62 - 897 kg N/Ha (FAO, 1980).

Sprent 1972 examinó el efecto del estrés del agua en la fijación del nitrógeno para el *Trifolium repens*, *Glycine max*, *Vicia faba* y *Lupinus arboreus* encontrando que el estrés del agua afecta el desarrollo de nódulos recientes y la formación de nuevos nódulos.

Luna (1967) citado por Galomo (1978) en su investigación realizada en Chontalpa México con inoculantes no encontró respuestas significativas del frijol a la inoculación con (*Rhizobium phaseoli* L) en un terreno de adecuada fertilidad únicamente encontró respuesta para la fertilización nitrogenada.

Vargas & Acuña (1990) observó que el efecto de la inoculación difiere entre las variedades. Al estudiar el efecto en las variedades México-80 y Talamanca, obtuvieron los mayores rendimiento en la variedad México-80.

La información sobre la contribución de las leguminosa del sistema suelo - planta es escasa especialmente en condiciones tropicales y depende del tipo de leguminosa, de las condiciones del suelo y la eficiencia fijadora del *Rhizobium* (Trigoso & Fassbender, 1973).

En frijol común se observa respuesta en crecimiento y rendimiento a la inoculación en condiciones de invernaderos, sin embargo, en la mayoría de las pruebas de campo esta respuesta no es observada. La falta de habilidad de las cepas usadas como inóculos para sobrevivir y competir contra poblaciones nativas frecuentemente abundante y de reducida efectividad es parcialmente responsable de esta falla en la simbiosis; sin embargo, el bajo potencial para formar una simbiosis efectiva en la mayoría de los cultivares comerciales particularmente bajo condiciones de estrés representa una limitación grande (Graham, 1981; Bliss, 1984; Graham & Temple, 1984).

La nutrición mineral tiene un importante efecto en la cantidad de nitrógeno fijado por la leguminosa debido a la dependencia de la actividad de fijación de los procesos de producción de energía, transporte de electrones y sustratos de la planta hospedera. Dentro de los elementos nutritivos el calcio, magnesio, fósforo, molibdeno, boro y otros micronutrientes, son limitantes de la fijación en muchos suelos de las áreas tropicales (Trigoso & Fassbender, 1973).

Garassini (1967) plantea que se ha comprobado que la fijación de nitrógeno se produce durante el primer período de desarrollo de la semilla y que la mayor cantidad de nitrógeno se encuentra en las raíces cuando la planta está aún en período de crecimiento primario, pero luego, cuando ha llegado a la madurez, el 74% del nitrógeno se encuentra en la parte aérea.

El éxito de este fenómeno está condicionado a ciertas características fisicoquímicas del suelo, pues en un medio pobre en nitrógeno pero rico en fósforo, potasio y calcio, la fijación es mucho más intensa.

Lépiz (1968) en un experimento realizado en terrenos del control de investigaciones básicas "El Horno" México concluye que de cuatro variedades usadas, no mostraron respuesta ni a los fertilizantes, ni a los inoculantes comerciales. Esto lo atribuye a que el suelo posiblemente tenía la fertilidad necesaria para el desarrollo eficiente del frijol como consecuencia de la acumulación de fertilizantes residuales de anteriores aplicaciones a otros cultivos. También sugiere la posibilidad de que la existencia de cantidades adecuadas de nitrógeno en el suelo haya inhibido el desarrollo del rhizobium.

López (1977) citado por Galomo (1978) en sus recomendaciones para el cultivo del frijol dice que se ha demostrado que la inoculación se efectúa en algunas siembras comerciales, pero no en su generalidad, por lo cual el criterio que se debe de seguir dependerá de la experiencia del agricultor en su terreno.

Las bacterias de las leguminosas son selectivas para las plantas en las que formarán nódulos. Algunas cepas de bacterias podrán formar nódulos en diferentes tipos de leguminosas que se reúnen en un grupo, pero no infectarán leguminosas de otro grupo.

Siempre que se vaya a introducir cualquier cultivo leguminoso en una zona nueva, la semilla debe inocularse con el rhizobium adecuado, ya que de otra manera se obtendrían resultados bajos el primer año de introducción.

El contenido de nitrógeno de algunas introducciones de frijol, aumentó hasta en ocho veces después de la inoculación, mientras que el rendimiento global aumento en un 10%. Posteriormente, en otro experimento realizado en Popayán, Colombia, se compararon diez introducciones. La fijación de nitrógeno de las diez variedades, durante el periodo de crecimiento de 120 días, promedio mas de 25 kg/ha de nitrógeno fijado, y las parcelas inoculadas superaron en 20% los rendimientos de las no inoculadas (CIAI, 1975).

Ortiz (1977) plantea, suponiendo que los nutrientes de la planta son abastecidos adecuadamente, la luz solar es útil para la fijación de nitrógeno, cuando es adecuada y aprovechable la humedad. Bajo condiciones lluviosas la radiación solar puede estar limitando el crecimiento, debido a la nubosidad.

Muchos suelos tropicales son susceptibles a la compactacion cuando estan humedos. Estas compactaciones pueden ser una restriccion severa para el crecimiento de las leguminosas y la formación de nódulos, debido a la aireación pobre en la zona radical, y esto también limita la fijación de nitrógeno.

La fijación de nitrógeno se detiene cuando la planta se acerca al punto de marchitamiento, pero rápidamente se recupera cuando se le proporciona el agua, a no ser que hayan muerto los nódulos.

Una limitante primaria en el crecimiento de las plantas es el ataque de plagas y enfermedades y además en algunos casos surgen bacteriófagos que van en detrimento de las poblaciones de rhizobium (Galomo, 1978).

La inoculación a menudo fracasa pues las plantas no son noduladas por las cepas de Rhizobium inoculadas en la semilla sino por cepas propias del suelo (nativas) menos efectivas en la fijación pero mejor adaptadas al suelo (FAO, 1980).

Las limitaciones en la fijación de nitrógeno son debidas a la falta de conocimiento de factores inherente a los diferentes sistemas y factores ambientales. Entre otros factores se incluyen temperatura, luz , oxígeno, CO₂, humedad, pH, salinidad, macros y micronutrientes, pesticidas y factores bióticos. (FAO,1980).

Los principales factores que limitan la eficiencia de la inoculación y que inclusive pueden hacerla fracasar son:

- Calidad inadecuada del inoculante.
- Alteración de la calidad del inoculante durante el transporte, almacenamiento y posterior distribución.
- Método de aplicación inadecuado.
- Competencia con cepas nativas de menor eficiencia fijadora y adaptadas al suelo de la zona.
- Cuando existen deficiencias de micro nutrientes Boro, Molibdeno.
- Nodulación natural adecuada (FAO, 1985).

III MATERIALES Y METODOS

3.1 Descripción del ensayo

3.1.1 Ubicación y clima

El ensayo se llevó a cabo en la época de postrera (Octubre- Diciembre) en el Centro Experimental La Compañía ubicada en el municipio de San Marcos Departamento de Carazo ubicado a 11 grados y 54 minutos de latitud norte y 86 grado 09 minutos de longitud oeste. Tiene una elevación de 450 msnm. La temperatura promedio anual es de 26^a; con una precipitación promedio anual de 1132 mm; la humedad relativa es de 85%. El clima es tipo tropical presentándose dos periodos de producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L). De primera (Mayo-Agosto) y postrera (Octubre-Diciembre).

Los suelos de La Compañía pertenecen a la serie Masatepe, poseen una textura franca, con alto contenido de carbono orgánico y alto porcentaje de saturación de bases, son moderadamente profundos, bien drenados, con permeabilidad moderada y una retención y disponibilidad de humedad moderada, el relieve es casi plano o plano a moderadamente escarpado.

Tabla 1. Algunas características químicas de los suelos de La Compañía Carazo

PROF (cm)	pH H ₂ O	MO %	N %	P mg/kg	K meq/100g
20	6.03	10.7	0.54	0.19	0.29

Fuente: Laboratorio de Suelos y Aguas UNA. 1997

El área donde se estableció el ensayo había sido cultivado con frijoles en la época de primera.

El ensayo fue sembrado el 3 de Octubre de 1997 y cosechado el 19 de Diciembre de 1997.

3.2 Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue el de parcela dividida arregladas en bloques con cuatro repeticiones . Cada repetición constaba de 15 tratamiento que consistió en aplicar a cada variedad 3 tipos de tratamiento que fueron: fertilizado, inoculado, sin fertilizante El factor variedad formaba la parcela grande con 5 niveles y el factor fuente de fertilizante la subparcela con 3 niveles.

Los tratamientos evaluados se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Tratamientos evaluados en el ensayo

Factor A:	Variedad:
A1:	DOR-805
A2:	DOR-364
A3:	EST-150
A4:	DOR-582
A5:	ACC-1724
Factor B:	Fuente de fertilización
B1:	Sin fertilización
B2:	Fertilizado
B3:	Inoculado

3.3 Dimensiones del experimento

El área total del experimento fue de 900 m^2 con un área de cada repetición de 225 m^2 . La parcela grande constaba de 18 surcos de 5 metros de largo y 3 metros de ancho para un área de 45 m^2 . La subparcela estaba constituida por 6 surcos de 5 metros de largos y 0.5 metros de ancho para un área de 15 m^2 . El área de la parcela útil fue de 8 m^2 tomándose los 4 surcos centrales y eliminando 0.5 metros de cada extremo.

3.4 Manejo del experimento

3.4.1 Preparación de suelo

Esta se realizó de manera mecanizada siguiendo el sistema de labranza convencional, el cual consistió en la limpia del área donde se estableció el experimento y se continuo con un pase de arado y dos pases de gradas, posteriormente se realizó el surcado del terreno y por último se procedió a cuadrar el terreno y el trazado de las parcelas grandes y pequeñas.

3.4.2 Siembra

Esta se realizó manual a surco corrido estableciendo 15 semillas por metro lineal utilizándose 454 semillas por subparcelas, para obtener una población uniforme de 302 666 plantas por hectarea. La fertilización química se realizó depositando el fertilizante en el fondo del surco a razón de 129 kg/ha de la formula 18-46-0 a la vez que fue sembrada la semilla sin inoculante. Posteriormente se sembró la semilla inoculada. La inoculación de esta fue realizada directamente a la semilla agregándole el inoculante según las recomendaciones del centro de investigaciones de la Universidad de Costa Rica (CIA). El inoculante consistió en una mezcla de cepas de *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli* usando como transporte turba estéril y como adherente una disolución saturada de azúcar la dosis recomendada por el fabricante es de 1kg por 50kg de semilla.

3.4.3 Control de malezas

Se realizó de forma manual a través de la utilización de azadón para evitar dañar las plantas del cultivo este se hizo a los 15; 30; y 45 días después de la siembra.

3.4.4 Control de plagas y enfermedades

La presencia de plagas y enfermedades no ameritaron control ya que los niveles de infestación e infección fueron mínimos.

3.4.5 Cosecha

La cosecha se efectuó de forma manual, se arrancaron las plantas cuando habían perdido la humedad en todas sus estructuras y presentando caída de las hojas, alcanzando una humedad del 23%, para luego proceder al aporreo que fue hecho el mismo día en el campo.

3.5 Análisis Estadísticos

los datos del ensayo se procesaron utilizando el paquete estadístico (SAS) y separación de medias a través de la prueba de rangos múltiples de Duncan al 5% de confianza.

3.6 Variables registradas

De cada subparcela del ensayo se tomaron 10 plantas al azar en las cuales se registraron las siguientes variables.

3.6.1 Porcentaje de emergencia

Esta se realizó a los 8 días después de la siembra tomándose al azar un metro lineal en cada uno de los surcos de la parcela útil a los cuales se les contó el número de plantas emergidas. Estas fueron transformadas a porcentaje tomando en cuenta la siguiente relación:

$$\% \text{ emergencia} = \text{plantas emergidas} * 100 / 15 \text{ plantas.}$$

3.6.2 Altura de planta (cm)

Medición realizada al momento de la floración, desde el nivel del suelo hasta la última hoja trifoliada y totalmente extendida.

3.6.3 Diámetro del tallo (cm)

Esta medición se tomó el mismo día que se midió la altura de la planta y en la misma planta y al final de la floración.

3.6.4 Peso de materia seca(g)

Para la determinación de esta variable las muestras se extrajeron cuando más del 50 % de las plantas presentó cambio de coloración o madurez en vainas y follaje. Luego se procedió al secado de las muestras en el horno a una temperatura de 81°C por 48 horas, posteriormente se realizó el pesado de las muestras.

3.6.5 Índice de cosecha

Este se obtuvo una vez que se tenían los valores del peso de la materia seca y del grano seco se procedió a calcular esta variable para el cual fue utilizada la fórmula propuesta por White (1985).

$$IC = \text{peso seco del grano} / \text{peso seco total (paja + grano)}$$

3.6.6 Densidad poblacional

Número de plantas cosechadas en la parcela útil, expresada en plantas por ha.

3.6.7 Vainas por plantas

A la cosecha se tomaron 10 plantas al azar a las que se les realizó el conteo de las vainas.

3.6.8 Granos por vainas

Este se realizó en las mismas plantas en las que se hizo el conteo de las vainas por plantas. Tomándose una planta al azar a la cual se le tomaron diez vainas y se le contaron los granos.

3.6.9 Peso de 100 semillas(g)

Peso obtenido de muestras de 100 semillas al 14% de humedad de cada una de las subparcela.

3.6.10 Rendimiento (kg/ha)

Los rendimientos de cada uno de los tratamiento fueron ajustados al 14 % de humedad mediante la fórmula propuesta por White (1985).

$$R = \frac{P_i (100 - \% H)}{86}$$

Donde: P_i : peso de cosecha.

86: constante que resulta de 100 - 14%.

%H: porcentaje de humedad.

R: Rendimiento en kg/ha.

IV RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Variables de crecimiento

4.1.1 Porcentaje de emergencia

El análisis de varianza del porcentaje de emergencia para los datos obtenidos en la evaluación muestran que hay diferencia altamente significativa para el factor variedad ($Pr>f=0.0001$). Al realizar la separación de medias de Duncan al 5% de error se determinó la existencia de cuatro categorías estadísticas (Tabla 3). Ocupando el primer lugar la variedad DOR-582 que su porcentaje de emergencia se encuentra dentro del rango aceptable para el frijol que es de 80 a 95% de emergencia (González , 1995). Las demás se encuentran por debajo de este rango. Esto puede estar relacionado a la calidad de la semilla.

Con respecto a los resultados en el factor fertilización se encontró diferencias significativas para esta variable ($Pr>f=0.0212$). Al efectuar la separación de medias se establecen dos categorías estadísticas bien diferenciadas, la primera corresponde a la fertilización química y al testigo, la segunda categoría le correspondió al tratamiento inoculado. Este resultado del inoculante puede deberse a que en el terreno existía nitrógeno asimilable suficiente o que las bacterias ya existían en el suelo (Ortiz ,1976) citado por (Galomo, 1978) también plantea que al menos que las bacterias sean destruidas por condiciones desfavorables del suelo, estas pueden vivir y mantener su viabilidad por unos 10 a 20 años aún en ausencia de la leguminosa hospedante. Vincent (1965) menciona que la preparación de suelo por métodos convencionales tiene la ventaja de asegurar una buena germinación. Sin embargo esto frecuentemente produce suficiente mineralización del nitrógeno del suelo que puede limitar o atrasar los efectos de la inoculación.

Tabla 3. Efecto de las variedades y tipo de fertilización sobre el porcentaje de emergencia

Variedades	Porcentaje de emergencia
DOR-582	84.7 a
DOR-364	76.4 a b
DOR-805	75.4 a b
EST-150	71.8 b
ACC-1724	55.2 c
Pr > f	0.0001
Fertilización	
Fertilización química	77.5 a
Sin fertilizante	74.6 a
Inoculado	66.1 b
Pr > f	0.0212
C.V	17.53

Separaciones de medias por Duncan al 5 % .Medias con letras iguales no difieren entre sí.

Pr > 0.05 no significativo

Pr < 0.05 significativo

4.1.2 Altura de planta

El análisis de varianza para esta variable muestra que hay diferencias significativas para el factor variedad (Pr > f=0.0001). Al aplicar la separación de medias se obtuvieron cinco categorías estadísticas (Tabla 4). En primer lugar se encuentra la variedad EST-150 y en último lugar con la menor altura de plantas la variedad DOR-582. Estas diferencias pueden estar influenciadas por el hábito de crecimiento de cada variedad.

Para el factor fertilización el análisis de varianza determina diferencias significativas en esta variable (Pr > f=0.0001) y al aplicar la separación de medias establece dos categorías estadísticas resultando la mayor altura con la fertilización química. Esto es debido a la aplicación de N-P que aumenta el crecimiento de la raíz, por lo tanto, el volumen de suelo explorado es mayor influyendo directamente en el crecimiento de las plantas (Chow ,1990) y en segundo lugar ubica al testigo y el tratamiento inoculado.

El resultado obtenido con el inoculante coincide con los resultados de Vargas (1957) y Lépiz (1968) citado por Galomo (1978), que plantean que en terrenos donde se han cultivado leguminosa no hay respuesta al inoculante. Por esta razón posiblemente el testigo superó al tratamiento inoculado ya que los terrenos de La Compañía en su mayoría son utilizados para la siembra de frijoles.

Tabla 4. Efecto de las diferentes variedades y niveles de fertilización sobre la altura de la planta

Variedad	Altura de plantas (cm)
EST-150	43.20 a
ACC-1724	38.80 b
DOR-805	37.10 bc
DOR-364	34.80 c
DOR-582	30.90 d
Pr > f	0.0001
Fertilización	
Fertilización química	41.90 a
Sin fertilizante	35.20 b
Inoculado	33.40 b
Pr > f	0.0001
C.V	11.65

Separación de medias por Duncan al 5%. Medias con letras iguales no difieren entre sí.

Pr > 0.05 no significativo

Pr < 0.05 significativo

4.1.3 Diámetro del tallo

El análisis estadístico de los datos obtenidos en el diámetro del tallo de las variedades en estudio muestran que existen diferencia significativas ($Pr > f=0.0098$). La separación de medias por Duncan al 5% agrupa las variedades en tres categorías (Tabla 5) presentando el mayor rango de diámetro la variedad DOR-805 y el menor lo obtuvo la variedad EST-150. Estos resultados pueden estar influenciados por la duración del ciclo del cultivo como podemos observar en el cuadro las variedades que presentan el mayor diámetro son las de ciclos tardíos González (1995) revela la existencia de una gran influencia entre el diámetro del tallo y el tiempo en que las variedades alcanzan su madurez fisiológica.

En cuanto al factor fertilización el análisis estadístico presenta diferencias significativas ($Pr > f = 0.0001$). La separación de medias muestra estadísticamente dos categorías donde la fertilización química obtuvo la mayor influencia sobre el diámetro de las plantas y los tratamientos inoculados y testigos se comportaron de forma similar. Al no obtener respuesta por parte de la bacteria las plantas inoculadas no incrementaron el diámetro del tallo mientras que las aplicaciones de nitrógeno combinado con fósforo estimulan el desarrollo radicular y de la parte aérea aumentando el volumen de la planta, lo que promueve una mayor absorción de nutrientes (Amaya, 1993).

Tabla 5. Efecto de las diferentes variedades y niveles de fertilización sobre el diámetro de los tallos

Variedades	Diámetro del tallo (cm)
DOR-805	0.54 a
DOR-364	0.54 a
DOR-582	0.50 a
ACC-1724	0.49 a b
EST-150	0.46 b
Pr > f	0.0098
Fertilización	
Fertilización química	0.58 a
Sin fertilizante	0.48 b
Inoculado	0.45 b
Pr > f	0.0001
C.V	10.64

Separación de medias por Duncan al 5%. Medias con letras iguales no difieren entre si.

Pr > 0.05 no significativo

Pr < 0.05 significativo

4.1.4 Peso de materia seca

Entre variedades el análisis de varianza muestra diferencias significativas para esta variable ($Pr > f = 0.0002$). Al efectuar la separación de medias se determinaron dos categorías estadística bien diferenciadas resultando en primer lugar la ACC-1724 la cual obtuvo la segunda mejor altura por lo que presentaba el mejor follaje seguida por la DOR-805, DOR-364 y DOR-582, siendo estas cuatro variedades estadísticamente iguales. La segunda categoría le correspondió a la variedad EST-150 presentando el menor peso de materia seca. Aunque promedió la mayor altura no fue así en materia seca. Esto puede ser consecuencia que cuando se recolectaron las muestras gran parte del follaje se había desprendido a un sobresecado de las muestras (Tabla 6).

El análisis estadístico para el factor fertilización presentó diferencias significativas ($Pr > f = 0.0005$). Al realizar la separación de medias se agrupan los resultados en dos categorías estadísticas resultando en primer lugar y estadísticamente iguales la fertilización química y el testigo. El tratamiento fertilizado superó numéricamente al testigo debido a que el nitrógeno y el fósforo intervienen en la producción de proteínas, desarrollo radicular y de la parte aérea (Vidor y Freire , 1972) citado por Portillo (1995). En el caso del bajo peso de la materia seca para el tratamiento inoculado posiblemente se debió a la existencia de suficiente nitrógeno asimilable en el suelo el cual queda demostrado por el valor superior obtenido por el testigo Witney (1976) citado por Galomo (1978) plantea que al haber disponibilidad de nitrógeno en el suelo las bacterias no fijan nitrógeno. Por los resultados obtenidos con el testigo suponemos que la bacteria nativa estableció mejor simbiosis con el cultivo comparado con la bacteria introducida (Tabla 6).

Tabla 6. Efecto de las variedades y los niveles de fertilización sobre el peso de la materia seca

Variedades	Materia seca (g)
ACC-1724	131.00 a
DOR-805	125.33 a
DOR-364	124.67 a
DOR-582	114.00 a
EST-150	75.92 b
Pr > f	0.0002
Fertilización	
Fertilización química	136.70 a
Sin fertilizante	104.17 a
Inoculado	99.00 b
Pr > f	0.0005
C.V	24.01

Separación de medias por Duncan al 5%. Medias con igual letra no difieren entre si.

Pr > 0.05 no significativo

Pr < 0.05 significativo

4.1.5 Índice de cosecha

El resultado del análisis estadístico para el factor variedad encontró diferencias significativas para esta variable ($Pr > f = 0.0325$) y la separación de medias separó los datos en tres categorías estadísticas (Tabla 7). El mayor índice de cosecha lo presenta la variedad DOR-582 y el menor índice lo obtuvo la variedad EST-150 por debajo del rango que es de 0.5 a 0.6 (CIAT 1985) citado por González (1995). En el caso de las dos primeras categorías las variedades se adaptan muy bien al agroclima de la zona donde se efectuó el estudio. El CIAT (1985) citado por González (1995) plantea que los índice de cosecha indican en qué grado un cultivar es bien o mal adaptado a un ambiente. Como se observa en las Tablas 10 y 12, la variedad EST-150 ocupa el primer lugar tanto para el peso de 100 granos como para el rendimiento, aunque el índice de cosecha fue el menor. Jeffrey & Izquierdo (1991) citado por Hernández (1995) manifiestan que existe cierta duda al juzgar una variedad por su índice de cosecha a la vez que mencionan algunas dificultades como la senescencia del tallo y la caída de las hojas lo que hace difícil determinar qué parte del tejido incluir en la muestra.

Un inconveniente que puede también influir en el índice de cosecha es el mancebo de las muestras cuando están en el horno el cual puede secar el grano hasta el extremo que su peso sea inferior al de la materia seca que es caso que ocurrió con la variedad EST-150.

En el factor fuente de fertilización no se encontró diferencia significativa para esta variable ($Pr > f = 0.2477$). En la separación de medias solo se observan diferencias numéricas entre los tratamientos (Tabla 7). El mejor índice de cosecha se observa en el tratamiento con el fertilizante químico seguido por el testigo y el tratamiento inoculado. Esta tendencia pudo ser influencia de la presencia de un alto porcentaje de rizobios inefectivos en la mezcla quedando asociado a la planta hospedera como parásito consumiendo la energía de la planta Bergensen (1979).

Tabla 7. Efecto de las diferentes variedades y niveles fertilización sobre el índice de cosecha

Variedad	Índice de cosecha
DOR-582	0.56 a
DOR-805	0.54 a
DOR-364	0.54 a
ACC-1724	0.51 a b
EST-150	0.44 b
Pr > f	0.0325
Fertilización	
Fertilizante químico	0.55
Sin fertilizante	0.51
Inoculado	0.50
Pr > f	0.2477
C.V	17.87

Separación de medias por Duncan al 5%. Medias con la misma letra no difieren entre si.

$Pr > 0.05$ no significativo

$Pr < 0.05$ significativo

4.1.6 Densidad poblacional

Al analizar esta variable encontramos diferencias altamente significativas entre las variedades ($P < 0.0001$). Al efectuar la separación de medias estableció dos categorías estadística bien diferenciadas (Tabla 6). La mayor densidad poblacional la presenta la variedad DOR-582 y la ACC-1724 obtuvo el menor promedio. En este estudio existe relación entre el comportamiento de las variedades con respecto al porcentaje de emergencia y la densidad poblacional final. Podemos observar que la variedad con mayor porcentaje de emergencia es la que presenta la mayor densidad poblacional exceptuando la variedad EST-150. Las demás variedades ocupan el mismo, lugar en el análisis estadístico en ambas variables. Esto no significa que ambas variables guarden una relación directa, lo cual lo podemos ver en el caso de la variedad EST-150 y DOR-805 en la que EST-150 tiene un menor porcentaje de emergencia, pero una mayor densidad poblacional que DOR-805

Para el factor fertilización el análisis estadístico demostró que no existe diferencia significativa para esta variable ($P < 0.3084$). Solo se observan diferencias numéricas entre los tratamientos. La mayor densidad poblacional se obtuvo con el fertilizante químico. Este ligero incremento sobre los demás tratamientos se debe que el fertilizante tiene la ventaja de poner a disposición de la raíz (cuando la semilla germina) elementos solubles rápido de absorber por la planta. En el caso del tratamiento inoculado su resultado pudo ser debido a la baja disponibilidad de fósforo ya que las cepas de rizobios no proveerán mayores beneficios si hay deficiencias de este. Los elementos que son necesarios para la fijación de nitrógeno son fósforo, calcio en la planta hospedera y fósforo, calcio y molibdeno para la nodulación y fijación de nitrógeno Galomo (1978).

Tabla 8. Efecto de las diferentes variedades y niveles de fertilización sobre la densidad poblacional

Variedad	Densidad poblacional
DOR-582	135.4 a
DOR-364	133.1 a
EST-150	132.6 a
DOR-805	123.3 a
ACC-1724	90.4 b
Pr>F	0.0001
Fertilización	
Fertilización química	128.3
Sin fertilizar	126.9
Inoculado	117.4
Pr>F	0.3084
C.V	15.6

Separación de medias por Duncan al 5%. Medias con igual letra no difieren entre si.

Pr > 0.05 no significativo

Pr < 0.05 significativo

4.2 Variables de rendimiento

4.2.1 Número de vainas por planta

El análisis de varianza del número de vainas por planta para el factor variedad muestra diferencias significativas ($Pr > f = 0.0045$). Al efectuar la separación de medias las variedades fueron agrupadas en dos categorías diferentes (Tabla 9) el mayor promedio lo obtuvo la ACC-1724. El menor promedio de vainas por planta lo presentó la variedad DOR-582. Monzón (1992) encuentra aceptable un promedio de 11-16 vainas por plantas en el frijol común. En base a lo anterior se puede considerar que las variedades evaluadas en este ensayo presentan valores aceptables para el número de vainas por plantas. Al comparar el número de vainas por plantas y la densidad poblacional observamos una relación inversamente proporcional la cual se puede ver en las Tablas 8 y 9 en las que se puede constatar que a menor número de plantas cosechadas corresponden frecuentemente mayores cantidades de vainas por planta. Este fenómeno es causado por la disminución de la competencia intraespecífica al haber menos densidad poblacional. sumado al eficiente control de malezas realizado en el ensayo permiten que un mayor número de flores formen vainas y un mayor número de vainas logren llenar

granos y madurar fisiológicamente (González 1995). Esto es notable en el comportamiento de la ACC-1724 que con el menor promedio de plantas cosechadas presentó el mayor número de vainas por plantas.

El análisis estadístico para el factor fertilización muestra diferencias altamente significativa para esta variable ($Pr > f = 0.0001$). La separación de medias agrupó los tratamientos en dos categorías estadísticas bien diferenciadas. En primer lugar ubica a la fertilización química con el mayor promedio de vainas por planta. Junqueira (1977) y Méndez (1981), citado por Amaya (1993) observaron mayor número de vainas por planta al aumentar los niveles de nitrógeno y fósforo.

Haag (1976) citado por Amaya (1993), indican que la absorción máxima de fósforo culmina en la época de formación de vainas. En segundo lugar separa al testigo y al inoculado siendo estadística y numéricamente iguales.

Tabla 9. Efecto de las diferentes variedades y niveles de fertilización sobre el numero de vainas por plantas

Variedad	Vainas por plantas
ACC-1724	13.0 a
EST-150	10.2 b
DOR-364	10.1 b
DOR-805	10.1 b
DOR-582	9.6 b
Pr > f	0.0045
Fertilización	
Fertilización químicas	12.20 a
Sin fertilizantes	9.70 b
Inoculado	9.70 b
Pr > f	0.0001
C.V	15.23

Separación de medias por Duncan al 5%. Medias con igual letras no difieren entre si.

Pr > 0.05 no significativo

Pr < 0.05 significativo

4.2.2 Números de granos por vainas

El análisis de varianza sobre los datos obtenido de las cinco variedades de frijol evaluadas en el ensayo presentan diferencias significativas ($Pr > f = 0.0070$). De acuerdo a la separación de medias agrupa las variedades en cuatro categorías (Tabla 10), donde la variedad DOR-364 ocupa el mayor número de granos por vainas y en último lugar la variedad EST-150. La variación en los resultados obtenidos en el ensayo posiblemente se debe a las diferencias genéticas de las variedades que fueron evaluadas y al efecto que el medio ambiente ejerce sobre los genotipos de las mismas, típico de caracteres cuantitativo Marini (1993).

Respecto a los niveles de fertilización, el análisis estadístico muestra diferencias no significativas ($Pr > f = 0.2406$). La fertilización química obtuvo mayor valor desde el punto de vista numérico seguido del testigo y el inoculado (Tabla 10). Este ligero incremento del tratamiento fertilización química coincide con Junqueira (1977) que afirma que la fertilización con nitrógeno y fósforo influyen sobre las variedades en estudio.

Tabla 10. Efecto de las diferentes variedades y niveles de fertilización sobre el numero de granos por vainas

Variedad	Número de granos por vainas
DOR-364	5.9 a
DOR-582	5.8 a
DOR-805	5.7 a b
ACC-1724	5.4 b c
Est-150	5.3 c
Pr > f	0.0070
Fertilización	
Fertilización química	5.8
Sin fertilizante	5.6
Inoculado	5.5
Pr > f	0.2406
C.V	5.05

Separación de medias por Duncan al 5%. Medias con igual letra no difieren entre sí.

Pr > 0.05 no significativo

Pr < 0.05 significativo

4.2.3 Peso de 100 semillas

En el análisis estadístico para esta variable se encontró diferencia altamente significativa entre las variedades ($Pr > F = 0.0001$). La separación de medias agrupa los promedios en tres categorías estadísticas (Tabla II). Ubicando en primer lugar la variedad EST-150 y la variedad DOR-364 que presenta el menor peso de la semilla.

El análisis de los resultados para el factor fertilización demostró diferencias significativa para esta variable ($Pr > F = 0.0043$) y la separación de medias agrupa los tratamientos en dos categorías estadísticas ocupando el primer lugar la fertilización química y el testigo que son estadísticamente iguales y numéricamente diferente. En el caso de la fertilización química que presentó el mayor peso de los 100 granos, es debido probablemente a una mayor producción de proteínas y a un mayor desarrollo radicular y vegetativo, lo que en consecuencia estimula la translocación de nutrientes al grano. Para el caso de la inoculación el bajo peso obtenido puede ser una consecuencia de la baja disponibilidad de fósforo para el cultivo. Tapia y Camacho (1985) plantean que los suelos de La Compañía presentan una alta capacidad de fijación de fósforo. Portillo (1995), encontró que el mayor peso para el grano con el tratamiento inoculado lo obtuvo cuando tomo en cuenta los factores limitantes del suelo como son calcio y fósforo, en cambio, cuando solo aplicó el inoculante, obtuvo el menor peso lo que significa que el fósforo y el calcio influyen sobre el peso del grano.

Tabla 11. Efecto de las variedades y los niveles de fertilización sobre el peso de 100 semillas

Variedades	Peso de 100 semillas (g)
EST-150	23.14 A
ACC-1724	22.10 b
DOR-582	19.92 c
DOR-805	19.70 c
DOR-364	19.21 c
Pr > f	0.0001
Fertilización	
Fertilización química	21.25 a
Sin fertilización	20.99 a
Inoculado	20.11 b
Pr > f	0.0043
C.V	5.05

Separación de medias por Duncan al 5%. Medias con igual letra no difieren entre si.

Pr > 0.05 no significativo

Pr < 0.05 significativo

4.2.4 Rendimiento de granos

El análisis de varianza del rendimiento obtenido para las variedades muestra diferencias significativas ($Pr > f = 0.0066$). Al efectuar la separación de medias agrupa las variedades en dos categorías estadísticas bien diferenciadas. En primer lugar separa la variedad EST-150 con el mejor rendimiento y DOR-805 que fué la que presentó el menor rango de rendimiento (Tabla 12). Aquí podemos observar que no existe relación directa entre los componentes del rendimiento. Como puede notarse la variedad que presentó el mayor número de vainas por plantas no es la que ocupó el mayor rendimiento. Por otra parte, la variedad que presenta el menor rendimiento ocupa el tercer lugar en número de granos por vainas. El cuarto lugar en peso de grano y en el número de vainas por plantas. A la vez, podemos observar que la variedad de mayor rendimiento es la que presentó el mayor peso de semilla. Estos resultados coinciden con los mencionados por White (1985) citado por Casanova y Valdivia (1994) quienes indican que no se puede aumentar el rendimiento seleccionando un solo componente debido a que estos están sujetos a fenómenos de compensación lo que indica que al aumentar un componente los demás pueden ser reducidos. Por otra parte Valdivia (1993) citado por Casanova y Valdivia (1994), menciona que ninguna variedad es superior en todos sus componentes: pueden ser buenos para unos, medios para otros, por tanto, un alto rendimiento puede ser el resultado de las diferentes combinaciones de sus componentes.

En el factor fertilización, el análisis muestra diferencias significativas entre los tratamientos ($Pr > f = 0.0007$). La separación de medias separa los tratamientos en dos categorías estadísticas. En primer lugar, separó a la fertilización química (el tratamiento que presentó el mismo lugar en los demás componentes del rendimiento). La segunda categoría la constituye el testigo y el tratamiento inoculado, superando numéricamente el testigo a este último. El efecto negativo de la bacteria a nivel de los componentes del rendimiento pudo ser debido a la falta de adaptabilidad de las cepas introducidas en esta zona. Otras causas puede ser que la nodulación natural sea adecuada, que las bacterias no se establecieron por fallas de sobrevivencias en su capacidad colonizadoras o por competencias de rhizobios en

el lugar o debido a la presencias de condiciones desfavorables para la formación y funcionamiento de nódulos (humedad, temperatura, deficiencia nutricional). Por otra parte, la presencia de rizobios nativos en el suelo tendrá ventaja sobre los rizobios introducidos ya que los primeros están adaptados a las condiciones ambientales.

También se puede mencionar que cuando existen deficiencias de microelementos como boro, molibdeno y hierro pueden provocar problemas en los procesos de fijación simbiótica los cuales pueden repercutir en los rendimientos ya que estos microelementos forman parte de la nitrogenasa (enzima encargada del transporte de electrones necesarios en la reducción del nitrógeno molecular a NH_3). El NH_3 puede incorporarse en tres compuestos orgánicos nitrogenados los cuales pasan a la planta y son ácido glutámico, glutamina y carbamil fosfato (Binder 1997).

Tabla 12. Efecto de las diferentes variedades y niveles de fertilización sobre el rendimiento

Variedad	Rendimiento de grano (Kg/ha)
EST-150	1171.21 a
ACC-1724	980.03 b
DOR-364	974.80 b
DOR-582	946.29 b
DOR-805	841.89 b
Pr > f	0.0066
Fertilización	
Fertilización química	1139.93 a
Sin fertilizante	920.26 b
Inoculado	878.15 b
Pr > f	0.0007
C.V	19.93

Separación de medias por Duncan al 5%. Medias con igual letra no difieren entre sí.

Pr > 0.05 no significativo

Pr < 0.05 significativo

4.3 Interacción entre variedad y fuente de fertilización

Las interacciones variedad-fertilización para cada una de las variedades evaluadas resultaron significativas, lo que significa que los tratamientos se comportaron de forma independiente. Probablemente estos resultados fueron originados por las características genéticas propias de las variedades evaluadas en el ensayo. En las Tablas 1, 2, 3 y 4 del anexo se presentan los promedios de las interacciones para los componentes del rendimiento. Los cuales demuestran que las interacciones presentan tendencia a incrementar los rendimientos con el tratamiento fertilización química.

V CONCLUSIONES

1- La interacción variedad por fuente de fertilización no fue significativa para las variables estudiadas lo que indica que los tratamientos se comportaron de forma independiente.

2- Probablemente la inoculación no fue efectiva porque en zonas donde se ha cultivado frijol o suelos que contienen un alto contenido de nitrógeno y baja disponibilidad de fósforo la inoculación con bacterias del género rhizobium no presenta buenos resultados

3- Las variedades utilizadas respondieron a la fertilización química con N-P, obteniéndose el mayor rendimiento con la variedad EST-150.

VI RECOMENDACIONES

En base a las conclusiones se sugieren las siguientes recomendaciones para futuros ensayos.

- 1- En futuro trabajos realizar antes o durante el establecimiento del ensayo un análisis químico del suelo de macros y micros nutrientes.
- 2- Realizar una recolección de bacterias nativas y comparar su capacidad de fijación de nitrógeno con bacterias traídas del extranjero.
- 3- Realizar ensayos en los cuales se estudie la inoculación realizando la preparación del suelo con labranza convencional y mínima para establecer comparaciones de ambos métodos en los efectos de la inoculación.

VII BIBLIOGRAFIA

- ALEMÁN, F & TERCERO, I. 1991. Inventario de la información generada en agronomía (Relaciones clima, suelo, planta y hombre) en granos básicos: Arroz, Maíz, Sorgo y Frijol en Nicaragua. Managua, Nicaragua.
- AMAYA, H & CRUZ, J. 1993. Evaluación de 7 variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L) y su respuesta a dosis crecientes de fertilizantes N-P. Trabajo de diploma UNA- EPV. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua.
- BINDER, V. 1997. Manual de leguminosas de Nicaragua. Esteli, Nicaragua. 191 p.
- BUENDÍA, A.M., SÁNCHEZ, C.T., ROMERO, F & SAINZ, J.E. 1990. Propiedades simbióticas en los perfiles de planidios de dos estirpe de *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli*. Investigación Agraria. Costa Rica. 359 p.
- BERGENSEN, F.J. 1979. The structure of ineffective root nodules of legumes: an usual new type of ineffective and an appraisal of present knowlege .Revista Turrialba, Volumen 29, Número 3,1979.
- BLISS, F.A. 1984. Breeding enhanced dinitrogen fixatio potencial of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Revista CEIBA, volumen 28, Número 6, 1984.
- BOWEN, J.E & KRATTKY, B. 1982. Nitrógeno: fijación biológica en leguminosas tropicales. Agricultura de las Américas (EUA).
- CASANOVA, N.J & VADIVIA, P.A. 1994. Obtención de líneas avanzadas a partir de cuatro variedades de frijol común *Phaseolus vulgaris* L). Recolectados en distintas localidades de Nicaragua. Universidad Nacional Agraria. Managua , Nicaragua. 55p.
- CHOW, W.Z. 1990. Efecto de la fertilización fosfórica sobre el crecimiento y rendimiento de cuatro variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L). Trabajo de diploma. UNA-EPV. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 60p.
- CIAT. 1975. Sistemas de programas de producción de frijol. Centro Internacional de Agricultura tropical serie FE-Nº 5, Cali, Colombia.
- DATE, R.A & ROUGHLEY, R.J. 1977. Preparation of legume seed inoculants. In: A treatise on Dinitrogen Fixation Section IV. Agronomy and Ecology. 275 p.
- FAO. 1980. El reciclaje de materia orgánica en la agricultura de América Latina. La utilización de la fijación simbiótica del nitrógeno. Roma, Italia.
- FAO. 1985. Manual técnico de la fijación del nitrógeno. Roma, Italia.
- GALOMO, T. 1978. Respuesta de la inoculación y fertilización en cuatro variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). En la región de Chontalpa, Tabasco, México.

- GARASSINI, L. A. 1967. Microbiología Agraria Facultad de Agronomía, Maracay, Universidad Central de Venezuela.
- GRAHAM, P.H.1981. Some problems of nodulation and simbiotica nitrogen fixation in (*Phaseolus vulgaris* L.). Revista CEIBA , Volumen 28, Número 1, 1984.
- GRAHAM, P.H & TEMPLE, S.R. 1984. Selection for improved nitrogen fixation in *Glycine max* and (*Phaseolus vulgaris* L.). Revista CEIBA, Volumen 28, Numero 1, 1984.
- GONZÁLEZ, N.A. · 1995. Evaluación sobre crecimiento, desarrollo y rendimiento de 14 accesiones criollas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Y el testigo comercial Revolución 84 en La Compañía, Carazo. Postrera 1993. Trabajo de diploma. UNA-EPV. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 60p.
- HERNANDEZ, R. 1995. Evaluación de 20 accesiones criollas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Bajo condiciones naturalez. En La Compañía Carazo. Trabajo de diploma.UNA-EPV. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 71p.
- JUNQUEIRA, N.A. 1977. Rspuesta diferencial de variedades de fijao (*Phaseolus vulgaris* L) a la adubacao nitrogenada e fosfatada. Teses. Mag. Se vicoso Mg. Universidad Federal Vicoso. 99p.
- MARINI, D, VEGA,I & MAGGIONI, L. 1993. Genética Agraria. Universidad Nacional Agraria. Facultad de Agronomía. MOLISV-UNA. Managua, Nicaragua. 363p.
- MAG. 1995. Análisis situacional de los productos e insumos Agropecuarios. Dirección de análisis económicos,. Boeltin N° 9.Managua, Nicaragua
- MAG CNIG. 1991.Guia tecnologica para la produccion de frijol común (Phaseolus vulgaris L.) Managua, Nicaragua.
- MIRANDA, J. C & MOLINA, A.J. 1992. Evaluación de cinco cepas de Rhizobium leguminisarum bv phaseoli. En el cultivo de frijol común (Phaseolus vulgaris L.) variedad revolucion 84. Trabajo de diploma. UNA-ESAVE. UNA Managua, Nicaragua.
- MONZÓN, A.F, SOTO, J.J & RODRÍGUEZ, R. 1992.Ensayo preliminar de rendimiento de líneas resistente al picudo de la vaina (*Apron godmanii* W). in: Reunión anual del PCCMCA (38. 1992 Managua, Nicaragua).
- ORTIZ, B. 1977 Edafologia patronato de la escuela Nacional de agricultura. A.C. Chapingo México
- PORTILLO, J.A. 1995.Incremento de la productividad del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). a nivel de finca mediante la inoculación con *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli*. Universidad Nacional Sgraria. Managua, Nicaragua.
- PROFRIJOL. 1992. Proyecto de fijación biológica de nitrógeno en frijol. Informe final 1990 - 1992. República Dominicana.

- SILVESTER, B.R.; KIPE, J.A AND HARRIS, F.J. 1987. Simbiosis leguminosa Rhizobium , Evaluación, Selección y manejo. Cali, Colombia.
- SPRENT, J. 1972. Nitrogen fixation by legumes sudjeted to water stress and light stress. In nitrogen fixation in plants.
- TAPIA, B.H & CAMACHO, M.A. 1988. Manejo integrado de la producción de frijol basado en la labranza cero. Managua, Nicaragua. GTZ.
- TRIGOSO, R & FASBENDER, H.W. 1979. Efecto de la aplicación de P, Ca, Mg, Mo y B sobre la producción y fijación de nitrógeno de cuatro leguminosas tropicales. IICA, Turrialba, Costa Rica.
- VARGAS, R & ACUÑA, O. 1990. Respuesta de dos variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L) ala inoculación y a la fertilización con N y Mo en un inceptisol de Upala Alajuela. Universidad de Costa Rica.
- VINCENT, J.M. 1965. Principios y practicas para la conducción de ensayos sobre la fijación de nitrógeno en condiciones de campo. CEIBA (Honduras).
- WHITE, J.W. 1985. Conceptos básicos de fisiología de frijol. Frijol investigación y producción. Editorial X y Z. Cali, Colombia.

VIII ANEXOS

Anexo 1. Resultados de los promedios de las interacciones entre variedades y fuente de fertilización, para vainas por plantas

Factor A	Factor B	Promedios
ACC-1724	Fertiliz químico	14.85
ACC-1724	Sin fertilizante	11.80
ACC-1724	Inoculado	11.75
DOR-364	Fertiliz químico	12.52
DOR-364	Sin fertilizante	8.30
DOR-364	Inoculado	9.70
DOR-582	Fertiliz químico	10.60
DOR-582	Sin fertilizante	9.10
DOR-582	Inoculado	9.25
DOR-805	Fertiliz químico	10.50
DOR-805	Sin fertilizante	10.60
DOR-805	Inoculado	9.40
EST-150	Fertiliz químico	12.67
EST-150	Sin fertilizante	9.37
EST-150	Inoculado	8.75

Anexo 2. Resultados de los promedios de las interacciones entre las variedades y fuente de fertilización, para granos por vainas

Factor A	Factor B	Promedios
ACC-1724	Fertiliz químico	5.425
ACC-1724	Sin fertilizante	5.500
ACC-1724	Inoculado	5.375
DOR-364	Fertiliz químico	6.050
DOR-364	Sin fertilizante	5.975
DOR-364	Inoculado	5.825
DOR-582	Fertiliz químico	6.175
DOR-582	Sin fertilizante	5.825
DOR-582	Inoculado	5.625
DOR-805	Fertiliz químico	6.000
DOR-805	Sin fertilizante	5.900
DOR-805	Inoculado	5.400
EST-150	Fertiliz químico	5.625
EST-150	Sin fertilizante	5.275
EST-150	Inoculado	5.050

Anexo3. Resultados de los promedios de las interacciones entre las variedades y fuente de fertilización, para peso de 100 semillas

Factor A	Factor B	Promedios (gr)
ACC-1724	Fertiliz químico	22.907
ACC-1724	Sin fertilizante	22.470
ACC-1724	Inoculado	21.107
DOR-364	Fertiliz químico	20.580
DOR-364	Sin fertilizante	18.555
DOR-364	Inoculado	18.490
DOR-582	Fertiliz químico	20.340
DOR-582	Sin fertilizante	19.890
DOR-582	Inoculado	19.517
DOR-805	Fertiliz químico	20.632
DOR-805	Sin fertilizante	20.065
DOR-805	Inoculado	18.412
EST-150	Fertiliz químico	24.245
EST-150	Sin fertilizante	22.652
EST-150	Inoculado	22.520

Anexo 4. Resultados de los promedios de las interacciones entre las variedades y fuente de fertilización, para el rendimiento

Factor A	Factor B	Promedios (kg/ha)
ACC-1724	Fertiliz químico	1125.795
ACC-1724	Sin fertilizante	924.817
ACC-1724	Inoculado	798.930
DOR-364	Fertiliz químico	1193.025
DOR-364	Sin fertilizante	910.770
DOR-364	Inoculado	820.602
DOR-582	Fertiliz químico	1121.517
DOR-582	Sin fertilizante	901.497
DOR-582	Inoculado	815.845
DOR-805	Fertiliz químico	909.840
DOR-805	Sin fertilizante	823.777
DOR-805	Inoculado	792.040
EST-150	Fertiliz químico	1349.457
EST-150	Sin fertilizante	1091.987
EST-150	Inoculado	1072.190

ANEXO 5

RESUMEN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL ENSAYO

Según el análisis de varianza (ANDEVA) y separación de media por DUNCAN al 5%

FACTOR	% Emerg	Altura de planta (cm)	Diam tallo (cm)	Peso M S(gr)	índice de cosecha	Densidad poblacional	Vaina/ pta	Grano /vaina	Peso de 100 semilla (g)	Rdto kg/ha
Variedad										
EST-150	71.8b	43.20 a	0.46b	75.92b	0.44b	132.6 a	10.2b	5.3c	23.14 a	1171.21 a
DOR-805	75.4 ab	37.10bc	0.54 a	125.33 a	0.54 a	123.3 a	10.1 b	5.7ab	19.70c	841.89b
DOR-364	76.4 ab	34.80c	0.54 a	124.67 a	0.54 a	133.1 a	10.1 b	5.9a	19.21c	974.80 b
DOR-582	84.7a	30.90d	0.50a	114.00 a	0.56a	135.4a	9.6 b	5.8a	19.92 c	946.29 b
ACC-1724	55.2 c	38.80 b	0.49ab	131.00a	0.51ab	90.40 b	13.0a	5.4bc	22.10b	980.03b
Pr > f	0.0001	0.0001	0.0098	0.0002	0.0325	0.0001	0.0045	0.0070	0.0001	0.0066
Fertilización										
F. Químico	77.5 a	41.90 a	0.58 a	136.70 a	0.55	128.3	12.20 a	5.8	21.25 a	1139.93 a
Sin Fert	74.6 a	35.20 b	0.48 b	104.17 a	0.51	126.9	9.70 b	5.6	20.99 a	920.26 b
Inoculado	66.1 b	33.40 b	0.45 b	99.00 b	0.50	117.4	9.70 b	5.5	20.11 b	878.15 b
Pr > f	0.0212	0.0001	0.0001	0.0005	0.2477	0.3084	0.0001	0.2406	0.0043	0.0007
CV	17.53	11.65	10.64	24.01	17.87	15.6	15.23	5.05	5.05	19.93
A X B	0.1293	0.8021	0.2167	0.2209	0.6871	0.6330	0.2557	0.5303	0.1428	0.9464

Pr < 0.05 = Significativo

Pr > 0.05 = No significativo

C.V (%) = Coeficiente de Variación

MS (g) = Materia seca